

名古屋大学工学部 正員 ○正垣孝晴・松尾 稔
日本道路公団 正員 橋爪昭広

1. はじめに

一定垂直圧力一面せん断試験は、軟弱粘性土に対する一軸圧縮試験と同様に締固め土等の強度係数 ($c \cdot \phi$) を知る方法として実務設計では最も汎用的な土質試験法である。著者らは、人為差に起因する強度差を生まない調査法提案を目的として、各種要因の η_u への感度分析¹⁾を行ってきた。本文は、これと同じ視点から一面せん断試験機の使用頻度が $c \cdot \phi$ ならびに設計結果に与える影響を検討したものである。

土質試験機を新規購入すると、それが生み出す結果はいつまでも変わらない同品質のものであると思われるきらいがある。しかし、使用頻度や供試土の種類により、試験結果の品質が変化することに目を向けるべきである。この種の問題は地味な研究であるがゆえに從来見過ごされることが多かった。しかし、設計結果を直接的に支配する要因であるので重要な問題であると考えている。

2. 供試土と実験方法

供試土はSoil.1, Soil.2の2試料(図-1)であり日本統一土質分類によれば、それぞれ砂質土、細粒分混り砂に分類される。本研究では使用頻度大、小2つの一面せん断試験機を用いるが、使用頻度大の試験機(以後、旧型機と略記)は使用期間10数年で、特にせん断箱の上下接触部の磨滅が著しく、せん断軸がずれ、せん断中にせん断箱が偏心するなどの老朽化が著しい。このため、結果の精度が要求される研究目的には耐えられないが、実務レベルでは十分有用である。これに対し、使用頻度小の試験機(以後、新型機と略記)は新規購入直後であり、旧型機に見られる磨滅等はなく研究目的にも十分耐えうるものである。なお、両試験機とも在来型であり、せん断箱は下部可動型の同じ機能を持つものである。供試体は7d, S_r を、それぞれ(Soil.1;1.67~2.06, Soil.2;1.42~1.76)gf/cm³、(Soil.1;31.57~100.0, Soil.2;46.13~100.0)%の範囲で11~12変化させて、せん断箱の中で締固めた。供試体寸法は直径6cm、高さ2cmであり、初期垂直荷重による圧縮終了後1mm/minの変位制御でせん断した。 $c \cdot \phi$ の決定は、応力-ひずみ曲線のピーク強度 τ_f (ピークがない場合は水平変位D=6mmのτ)と垂直荷重 σ_v を最小二乗近似して求めた。

3. 試験結果と考察

図-2, 3は結果の一例として、それぞれSoil.1, Soil.2の $\tau_f - \sigma_v$ の関係であるが、 σ_v の大部分の領域で旧型機が新型機より大きなτを与えていている。両図はそれぞれ $S_r = 90.0, 43.2\%$ の場合であるが、このような傾向は S_r (あるいは T_d) の大小によらず共通して言えることである。また、ダイレイタンシー(図-4)を見ると総ての σ_v のもとで旧

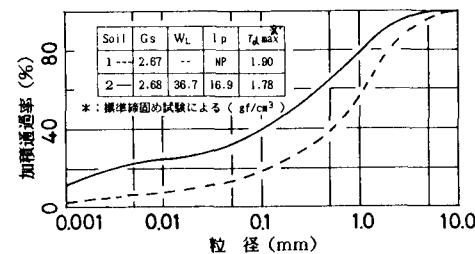


図-1 粒径加積曲線

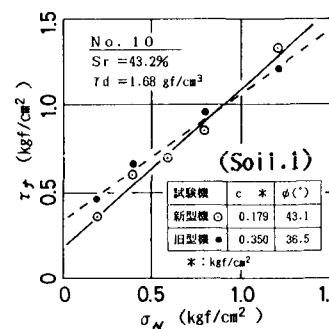
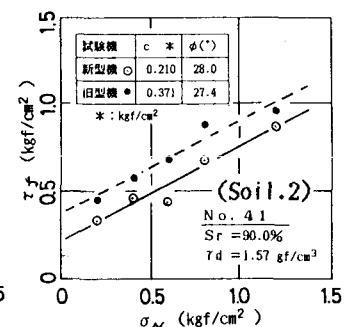
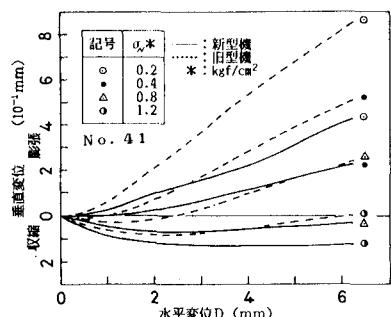
図-2 $\tau_f - \sigma_v$ の関係図-3 $\tau_f - \sigma_v$ の関係

図-4 ダイレイタンシー

型機の体積膨張が大きく、せん断時の拘束が新型機より小さいと推察されるが大きな γ_f (図-3)を与える。このことから判断しても、せん断箱の磨滅等に起因するせん断応力の増加は明らかである。図-5、6は、それぞれ同じ土質条件で行った両試験機からの $c \cdot \phi$ を比較したものである。図-2、3で見られた旧型機で大きな c を与える傾向は図-5からも明らかである。旧型機が過大に見積る c はSoil.1では平均25%程度、Soil.2では $Sr = 75\%$ の上下で、それぞれ40%、10%程度である。一方、 ϕ (図-6)に関してはSoil.1で旧型機が幾分小さいが、これは σ_N の小さな領域で摩滅の影響が大きいためと推察される。Soil.2では両者に傾向的な差はない。

4. 設計に関する事例研究

3で明らかにしたせん断箱の磨滅等に起因する $c \cdot \phi$ の差が、実際の設計結果にいかなる差を生ずるかを概念的にでも把握しておくことは、調査法に関する研究の重要性を認識するうえで必須と考える。ここでは、事例研究として送電用鉄塔基礎(逆T字型基礎)の信頼性設計²⁾を取り上げ、最適基礎形状(基礎幅B、根入れ深さDf)と現在価値PVに与える影響を検討する。

事例研究の目的は $c \cdot \phi$ の差が設計結果に与える影響を相対的にみることである。したがって、鉄塔の仕様や設計外力、費用の見積り、便益や現在価値の算定等は文献2と同様にする。数値計算ではDfをパラメータとしてBに対するPVを計算して(PV)_{max}を与えるBを最適設計とする。一面せん断試験機で c を得た場合、送電用鉄塔基礎の設計に用いる c は得られた値を1.5で徐して設計値とすることになっている³⁾。表-1はこの仕様に従って採用した設計値と設計結果を示したものである。同じDfのもとでのBを比較すると、Soil.2($Sr < 75\%$)を除いて旧型機が(30~60)cm程度小さく、旧型機のBを用いると危険側の設計になることがわかる。また、PVに着目すると、旧型機が新型機より過大に見積るPVは鉄塔一基あたりT年間(最適耐用期間)で1300万円(Soil.1)、1900万円(Soil.2, ($Sr > 75\%$))、600万円(Soil.2, ($Sr < 75\%$)))となる。今、送電線の総延長100kmに286基の鉄塔を考えると(例えばSoil.2, ($Sr \geq 75\%$))では)T年間で54億3400万円/286基と驚くべきPVの差になることがわかる。

5. おわりに

従来、一面せん断試験で供試体作成方法やせん断箱の型式が $c \cdot \phi$ に与える影響はいくつか報告されている⁴⁾⁵⁾。しかし、試験機の使用頻度の差が $c \cdot \phi$ に与える影響については見あたらない。本研究で得られた結果は、設計入力値の精度を考慮した一面せん断試験機の整備、また、使用年数に関する1つの目安を与えるものと考えている。

参考文献

- 1) 松尾・正垣(1986):「土質工学会論文報告集」、Vol.26, No.2, 2) 松尾・上野(1979):「土木学会論文報告集」、No.289.
- 3) 電気規格調査会編(1979):送電用支持物設計標準(JEC-127)、電気学会
- 4) 山田清臣(1965):「土と基礎」、Vol.13, No.2, 5) 土質工学会編(1967):土のせん断試験に関する基礎的研究、土質工学会。

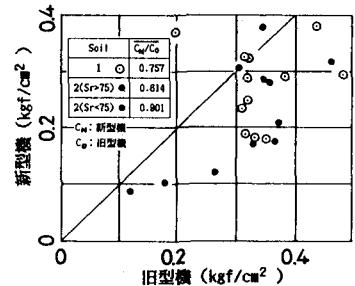
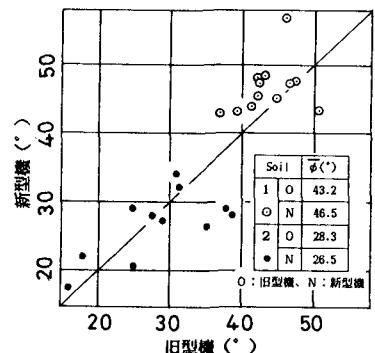
図-5 粘着力 c の比較図-6 内部摩擦角 ϕ の比較

表-1 設計値と設計結果

Soil	設 計 値	設 計 結 果							
		新 型 機				旧 型 機			
		B mm	Df m	PV 億円	T 年	B m	Df m	PV 億円	T 年
1	$c=0.17\text{kgf/cm}^2$ ($\phi=22^\circ$)	3.8	5.0	5.60	37	3.8	5.0	5.67	38
	$\phi=40^\circ$	3.5	5.5	5.70	38	3.2	5.5	5.84	40
	$\phi=40^\circ$	3.2	6.0	6.79	39	2.9	6.0	5.94	41
	$c=0.17\text{kgf/cm}^2$ ($\phi=22^\circ$)	2.9	6.5	5.89	40	2.6	6.5	6.05	42
2	$c=0.10\text{kgf/cm}^2$ ($\phi=16^\circ$)	4.7	5.0	5.09	32	4.1	5.0	5.31	35
	$\phi=35^\circ$	4.1	5.5	5.23	34	3.8	5.5	5.42	36
	$c=0.10\text{kgf/cm}^2$ ($\phi=16^\circ$)	3.8	6.0	5.38	35	3.5	6.0	5.58	37
	$\phi=35^\circ$	3.5	6.5	5.51	36	3.2	6.5	5.67	38
2	$c=0.20\text{kgf/cm}^2$ ($\phi=22^\circ$)	4.1	5.0	5.40	35	4.1	5.0	5.45	36
	$\phi=35^\circ$	3.8	5.5	5.53	36	3.5	5.5	5.59	37
	$c=0.20\text{kgf/cm}^2$ ($\phi=22^\circ$)	3.2	6.0	5.65	38	3.2	6.0	5.73	38
	$\phi=35^\circ$	2.9	6.5	5.81	39	2.9	6.5	5.87	40

設計値の():旧型機の c